Dosis de Fitomas®-E para el enraizamiento de esquejes de guayaba var. Enana Roja Cubana

Leudiyanes Ramos-Hernández*, Noel J. Arozarena-Daza**, José Leiscalle-Acosta*, Ernesto Castañeda-Hidalgo***, Gerardo Rodríguez-Ortiz*** y Salvador Lozano-Trejo***

Recepción: 27 de septiembre de 2013
Aceptación: 11 de marzo de 2014

*Facultad Agroforestal de Montaña, Universidad de Guantánamo, Cuba.
**Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt", Cuba.
***Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, Oaxaca, México.
Correos electrónicos: rleudiyanes@yahoo.com; daza@inifat.co.cu; lescaille@fam.cug.co.cu; casta_h50@hotmail.com; geraro65@gmail.com y lozanos2004@prodigy.net.mx
Se agradecen los comentarios de los árbitros de la revista.

Resumen. El ácido indol-acético (AIA) es muy utilizado para enraizar esquejes de guayaba en Cuba. Se busca determinar el potencial del FitoMas®-E como enraizador de esquejes de guayaba var. Enana Roja Cubana. La investigación se llevó a cabo de 2009 a 2011 en Guantánamo, Cuba. Se utilizó diseño experimental completamente aleatorizado evaluando diferentes dosis de FitoMas®-E (1-9 mL L^{-1}, un testigo absoluto sin aplicación de productos y un testigo de producción de ácido indol acético a 5 mg L^{-1}). El testigo de producción mostró 54.81% de eficiencia de enraizamiento, superior al FitoMas®-E (5 mL L^{-1}). Este último fue el más eficiente en el enraizamiento y mostró los mejores resultados en número de raíces y biomasa radical en esquejes de guayaba.
Palabras clave: esquejes de guayaba, ácido indol-acético, biomasa radical, fracción radical.

Fitomas®-E Doses for Rooting Cuttings of Cuban Red Dwarf Guava

Abstract. Indol-acetic acid (IAA) is widely used to root cuttings of guava in Cuba. The objective is to determine the FitoMas®-E potential for rooting cuttings of guava var. Cuban Red Dwarf. The research was carried out from 2009 to 2011 in Guantánamo, Cuba. A complete randomized design was used testing different doses of FitoMas®-E (1-9 mL L^{-1}), an absolute control treatment without application of products and a production control treatment with 5 mg L^{-1} of indole acetic acid. The production witness showed 54.81% of rooting efficiency cuttings, higher than the Fitomas®-E (5 mL L^{-1}). This last one was the most effective rooting and showed the best results in number of roots and root biomass in guava cuttings.
Key words: *Psidium guajava*, indol-acetic acid, root biomass, root fraction.

Introducción

La propagación de la guayaba (*Psidium guajava* L.) es una actividad tan centenaria como su descubrimiento en el siglo XVI en América Tropical Continental. En sus inicios fue una actividad espontánea y la principal vía de diseminación conocida fue la reproducción sexual (Mata y Rodríguez, 2000).

Con el desarrollo de la ciencia surgió la reproducción asexual y entre los métodos más conocidos se encuentran los injertos, estacas de raíz, estacas de brotes enraizados en el tronco, estacas de ramas lignificadas, acodos o margullos aéreos o en tierra, cultivo de tejido y estacas de ramas herbáceas o esquejes (Farrés *et al.,* 2009).

Este último método es el más utilizado para la reproducción de la guayaba var. Enana Roja Cubana, un cultivar obtenido mediante los trabajos de mejora realizados por la antigua Estación Experimental de Santiago de las Vegas (Pérez *et al.,* 2002). Además, se encuentra en proceso de extensión en Cuba, ya que constituye un elemento esencial de las fincas integrales de frutales en zonas urbanas y rurales del sector estatal y privado, y tiene entre los elementos críticos de la producción la obtención de posturas (Rodríguez y Sánchez, 2005; Minag, 2009).

La propagación es sin lugar a dudas uno de los elementos decisivos en la cadena productiva de esta especie y constituye además una etapa crítica por lo que necesita atenderse, así como disponer de los recursos necesarios para enfrentarla. La tecnología que se emplea para la guayaba por enraizamiento de esquejes no está exenta de estos planteamientos, aunque según Rodríguez *et al.* (2001) permite obtener un material vegetativo de elevada calidad agrícola en menor lapso y con ahorro de recursos. Consta de cuatro etapas fundamentales: enraizamiento en lecho artificial (4-6 semanas), pase a bolsa y culminación (2-3 semanas), brotación (4-6 semanas) y endurecimiento a pleno sol (4 semanas). La etapa de enraizamiento requiere de la disminución de la intensidad luminosa (50%), aplicación de riego en forma de neblina (15 segundos cada 7 minutos) e imbibición de los esquejes en soluciones a base de hormonas de enraizamiento, como ácido indol acético (AIA) y ácido indol butírico (AIB) (Lau *et al.,* 2008; Rai *et al.,* 2010).

Este es un elemento limitante en los sistemas productivos porque la escasez de estas hormonas, en varios casos, ha provocado la caída de las producciones y hasta el cierre de algunos viveros, ya que sin ellas no se logra la emisión de raíces en la cantidad y tiempo necesarios (Sanz *et al.,* 2011) y por lo tanto es ineficiente la propagación de guayaba por esta vía.

De manera que la búsqueda de productos nacionales que posibiliten obtener una respuesta como alternativa a esta situación es un tema acorde con las necesidades productivas y científicas en la actualidad. Bajo este contexto, se consideró el FitoMas®-E, que es un producto orgánico obtenido de derivados de los desechos de la industria azucarera y presenta 85% de suspensión líquida, 150 g L^{-1} de extracto orgánico, 80 g L^{-1} de aminoácidos libres, de los cuales 50% son alifáticos y 30% aromáticos y heterocíclicos. Contiene también hasta 2.5% de sacáridos y 1.5% de lípidos, además de una fracción mineral de 6.5% de N total, 2.7% de P_2O_5 y 5.24% K_2O. Se clasifica como un producto antiestrés y una vez aplicado a la planta puede promover la síntesis bioquímica de diversas sustancias e intervenir positivamente en el crecimiento de diferentes órganos vegetales (Montano *et al.,* 2007; Saborit *et al.,* 2013).

Al respecto, Galindo (2010) asegura que puede estimular el crecimiento de las raíces, tallos y hojas de caña de azúcar, frutales, granos, cereales, tubérculos, plantas medicinales, hortalizas, leguminosas, plantas forestales, pastos, ornamentales, flores y césped; así lo pudieron demostrar Viñales *et al.* (2011), quienes probaron que su aplicación puede elevar los rendimientos agrícolas de 18 cultivos de importancia económica en diversos escenarios del territorio nacional. Sin embargo, la influencia del producto en el enraizamiento todavía es un tema por indagar. La hipótesis planteada es que el estudio de diferentes dosis de FitoMas®-E para el enraizamiento de esquejes de guayaba var. Enana Roja Cubana permite obtener una dosis adecuada del producto para la propagación de la especie.

1. Materiales y métodos

1.1 Área de estudio y diseño experimental

La investigación se realizó en la Unidad Empresarial de Base de Producciones Varias (UEB-PROVARI) de PROVARI en Guantánamo, Cuba. Se trabajó en tres ciclos de producción durante el periodo 2009-2011. El experimento se hizo bajo las especificaciones y normas inherentes a la propagación por enraizamiento de esquejes de guayaba que regula la Guía Técnica del Cultivo (Minag, 2011).

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado para evaluar 11 tratamientos con cinco repeticiones y se utilizaron 10 esquejes como unidad experimental. Los tratamientos fueron dosis de FitoMas®-E entre 1 y 9 mL L^{-1} (9 tratamientos), un testigo absoluto (sin aplicación de productos) y un testigo de producción con aplicación de 5 mg L^{-1} de AIA.

Se trabajó bajo una casa sombra de malla que facilitó reducir 50% de la radiación solar incidente y en camas de enraizamiento de 1 × 10 m rellenas con arena. Se cortaron esquejes semileñosos con dos pares de hojas de la parte terminal de las plantas provenientes de un banco de yemas de tres años de edad cercano al experimento; se embebieron durante 15 minutos en las disoluciones de AIA y FitoMas®-E. La siembra en el lecho de enraizamiento se llevó a cabo por el método de tresbolillo con una densidad de 100 esquejes m^{-2}. Se irrigó mediante un sistema de micro-aspersores de riego localizado capaz de abastecer de agua a los esquejes y mantener turgentes las hojas para evitar desprendimientos; la periodicidad fue de 15 segundos cada 7 minutos.

Las variables evaluadas fueron la supervivencia (%), donde se determina la proporción de esquejes vivos y muertos cada 15 días durante ocho semanas; número de raíces (*U*), gracias al conteo visual de las raíces emergentes en cada esqueje; biomasa radical fresca y seca (*g*), en la cual los esquejes se seccionaron por las raíces y se pesaron en una balanza analítica Sartorius® modelo SAR TALENT 1 (Miami, Fla., EUA). Para obtener la biomasa seca se colocaron en la estufa Shel Lab FX14® (Cornelius, Or., EUA) a 65 °C hasta obtener el peso constante (*g*); la

fracción radical (Fr, %) se evaluó al determinar la relación porcentual de biomasa seca de las raíces entre la biomasa total del esqueje; índice de eficiencia radical (IER, %), calculado mediante un ajuste de las fórmula descritas por Rivera y Fernández (2003).

$$Fr = \frac{Brs}{Bst} \times 100$$

Donde: Fr = fracción radical, Brs = biomasa radical seca (*g*) y Bst = biomasa seca total = masa seca radical + masa seca de la parte aérea (*g*).

$$IER = \frac{Brs\ (f) - Brs\ (t)}{Bst\ (t)} \times 100$$

Donde: IER = índice de eficiencia radical, $Brs\ (f)$ = biomasa radical seca (*g*) de tratamiento tratado con FitoMas®-E y Brs (*t*) = biomasa radical seca (*g*) del tratamiento testigo.

2. Análisis estadístico

A los datos se les aplicó un análisis de varianza y una comparación de medias por Tukey (P = 0.05); también se obtuvo la estimación del número de raíces y biomasa radical como función de la dosis de FitoMas®-E por medio de un análisis de regresión simple; en ambos, se utilizó el paquete estadístico Statistica 6.1® en Windows.

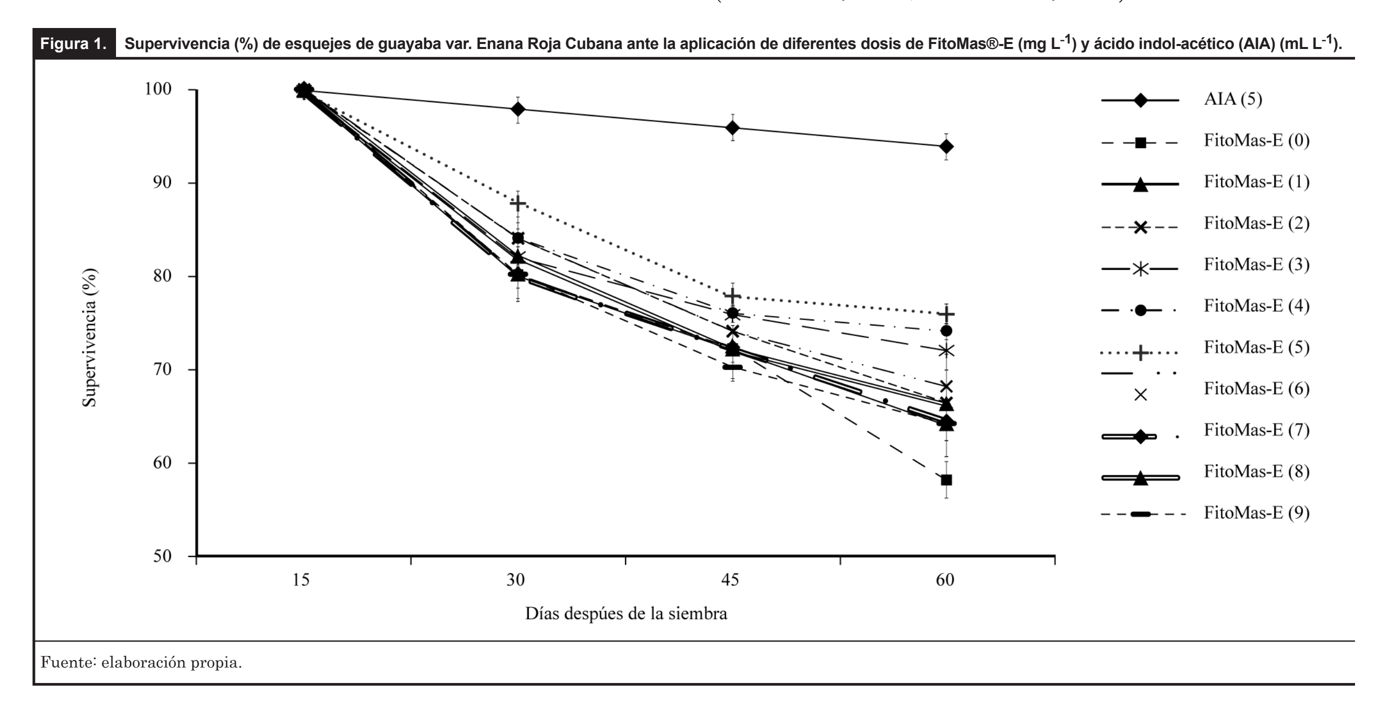
3. Resultados y discusión

En las dos primeras semanas no sucedieron variaciones en la supervivencia para ninguno de los tratamientos estudiados, por tanto se mantuvo al 100%. A partir de la cuarta semana y en las restantes evaluaciones comenzó el descenso. Pero la tendencia general fue una respuesta favorable del tratamiento testigo de producción a base de AIA con supervivencias de 96%, 90% y 88% para las semanas 4, 6 y 8, respectivamente (figura 1).

El comportamiento de las primeras dos semanas es normal y deriva de la vitalidad del esqueje y el régimen de riego establecido, ya que éste es un factor que juega un papel importante en esta etapa, y esta tecnología posee uno que permite mantener la turgencia de las células de los esquejes al reducir la transpiración, lo cual posibilita que el esqueje sobreviva más tiempo. Cuando el riego se afecta existe un aumento irreversible de la transpiración y como consecuencia empieza el marchitamiento, la necrosis, la caída paulatina de las hojas de los esquejes y, por consiguiente, la muerte de los mismos (Barnett y Naylor, 1966; Castillo *et al.,* 2013).

A pesar del descenso existente en la supervivencia de esquejes en las semanas restantes, el promedio obtenido en este estudio fue bueno, ya que la media nacional en Cuba en este aspecto es de 84% aproximadamente (Minag, 2011). Además, la supervivencia está sujeta a problemas de manejo inherentes a la actividad de propagación, ya que los esquejes han perdido parte importante de sus reservas para sobrevivir o no han emitido raíces para mantenerse vivos (Pérez *et al.,* 2002; Farrés *et al.,* 2009).

Figura 1. Supervivencia (%) de esquejes de guayaba var. Enana Roja Cubana ante la aplicación de diferentes dosis de FitoMas®-E (mg L^{-1}) y ácido indol-acético (AIA) (mL L^{-1}).



Fuente: elaboración propia.

No obstante, la supervivencia de todos los tratamientos tratados con FitoMas®-E fue menor durante las evaluaciones restantes y la característica de la tendencia durante el periodo evaluado indicó que la aplicación en todas sus dosis no produjo supervivencia eficiente respecto al testigo (aia), ya que ésta osciló entre 66% y 76%; el tratamiento de mejor respuesta fue la aplicación de 5 mL L^{-1}.

Es válido aclarar que no es la supervivencia deseada, pero sin lugar a dudas es un logro importante desde el punto de vista productivo para las condiciones de Cuba si se tiene en cuenta que la hormona es escasa y trae consigo el paro productivo. FitoMas®-E representa una alternativa de producción para sustituir la hormona en momentos de déficit y su aplicación en la dosis de mejor respuesta, la cual implica que por cada 1 000 esquejes sembrados sobrevivan 760 a la etapa de enraizamiento, que es una respuesta considerada como aceptable ante la alternativa de no producir nada por falta de aia.

El número de raíces en los esquejes se incrementó hasta alcanzar su máximo en la dosis de FitoMas®-E de 5 mL L^{-1}. A partir de ese punto, mientras más producto se aplicó disminuyó ligeramente en la respuesta. Para una mejor precisión en el resultado del modelo lineal cuadrático, se analizó la respuesta de la ecuación de regresión (figura 2) que indicó que el máximo número de raíces por esqueje fue de 3.34, correspondiente a una dosis de 5.22 mL L^{-1}; la dosis real aplicada más cercana a este punto fue 5 mL L^{-1}, la cual permite obtener 3.23 raíces/esqueje. El coeficiente de determinación (R^2) permite asegurar que esta ecuación explica 85.8% de la variación en el número de raíces en los esquejes y desde el punto de vista estadístico es un resultado aceptable para variables biológicas (Di Rienzo *et al.,* 2005).

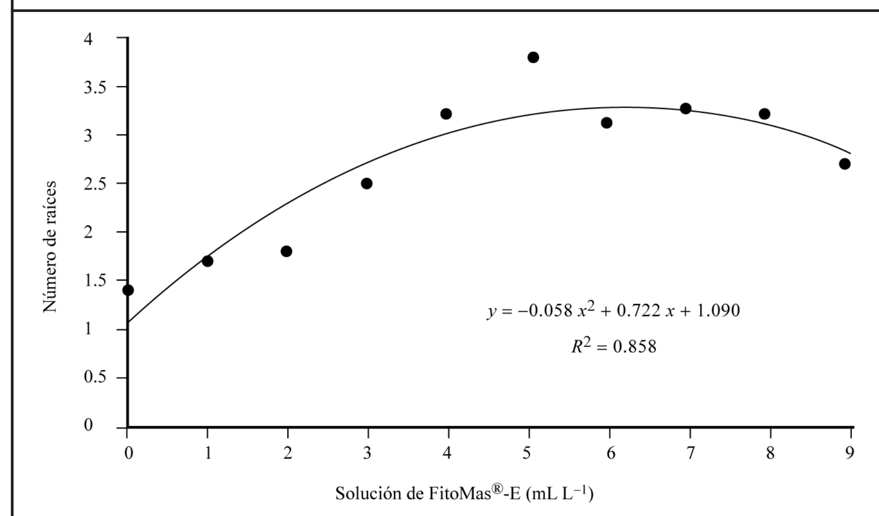
El enraizamiento de esquejes de guayaba a partir de la aplicación de FitoMas®-E es, fenómeno que no está ciertamente demostrado, pero un análisis de su composición química incide en la hipótesis de que el triptófano, aminoácido presente en el producto a una concentración de 4.99 μM mL^{-1} permite la síntesis de la auxina (Taiz y Zeiger, 2006; Castillo *et al.,* 2011).

El triptófano es considerado el precursor del ácido indol-3-Acético porque los mecanismos de biosíntesis de la hormona conocidos y demostrados por muchas investigaciones han evidenciado que es el principal intermediario en la ruta biosintética del aia (Azcón-Bieto y Talón, 2000).

Este mecanismo de biosíntesis en las plantas implica dos vías fundamentales: la descarboxilación del aminoácido, para formar triptamina, seguido de una desaminación para producir β-indolacetaldehído, el cual es oxidado fácilmente a ácido indol 3-Acético y una segunda vía donde ocurre la desaminación del triptófano, para dar origen al ácido β-indolpirúvico, seguido de una descarboxilación que propicia la formación de β-indolacetaldehído que se oxida para originar el aia (Vázquez y Torres, 2006).

La importancia de la formación de esta hormona en el esqueje de guayaba radica en que puede favorecer la regeneración de raíces (Overvoorde *et al.,* 2010) y está relacionada con la propiedad de la hormona en el alargamiento y división celular y su transporte basípeto por el tallo (Robert, 1975; Rojas, 1993). De manera que la aplicación de FitoMas®-E pudiera provocar, mediante los mecanismos explicados, la síntesis de auxina en el esqueje y así estimular la formación de raíces que se hace más eficiente en la dosis de 5 mL L^{-1}.

Figura 2. Número de raíces de esquejes de guayaba var. Enana Roja Cubana (*y*) en respuesta a la aplicación de diferentes soluciones de FitoMas®-E (*x*).



Nota: se indican valores originales y estimados por la línea de regresión. R^2 = coeficiente de determinación.
Fuente: elaboración propia.

En la biomasa radical fresca y seca se obtienen las mejores respuestas para la misma dosis, por lo que se puede definir que este es el punto de mejor respuesta de aplicación de FitoMas®-E para lograr enraizamiento eficiente en los esquejes de guayaba (figura 3).

Esto es posible plantearlo porque aplicar el fitoestimulante en dosis inferiores no incrementa la formación de biomasa radical, y con la aplicación adicional de 5 mL L^{-1} de FitoMas®-E tampoco, sino que existe una pequeña disminución.

Cabe señalar que este planteamiento tiene respaldo en las ecuaciones de regresión de las dos variables, donde se obtuvo que las máximas respuestas de biomasa radical fresca y seca es de 0.53 g y 0.157 g, respectivamente. Ambas respuestas están relacionadas con las dosis de 4.80 y 4.66 mL L^{-1} de FitoMas®-E, en el mismo orden, lo que implica la aplicación de una dosis real óptima de 5 mL L^{-1} de FitoMas®-E para ambos casos. Los resultados de biomasa radical fresca y seca que equivalen a la aplicación de esta dosis son de 0.53 g y 0.157 g.

La propiedad enraizadora del FitoMas®-E no había sido identificada por otros reportes científicos. Sus efectos más conocidos radican en su rápida absorción y translocación sin consumo adicional de energía a las partes importantes de la planta: raíces, tallo y hojas (Mariña *et al.,* 2010) y una vez ahí pueden beneficiar la estimulación del crecimiento, aumento de la actividad fotosintética y el rendimiento de diferentes cultivos, entre otros (Viñales *et al.,* 2011; Alarcón *et al.,* 2012; López *et al.,* 2012).

De manera que causar enraizamiento es una propiedad que descansa en la hipótesis planteada en el análisis de la variable anterior –sobre la síntesis de auxina a partir del triptófano presente en el producto– y que sin lugar a dudas es un referente a investigar en trabajos futuros.

Devlin y Jackson (1961), Taiz y Zeiger (2006) y Balaguera *et al.* (2010) reconocen que la síntesis de auxina es un proceso indispensable para lograr enraizamiento en esquejes y otras formas de reproducción asexual porque puede aumentar el intercambio de la célula con sustancias externas mediante el proceso de ósmosis, y además aumenta la permeabilidad de la célula frente al agua y otras sustancias reduciendo la presión en la pared celular, así como la formación de estructuras químicamente funcionales en la pared celular e induce la síntesis de ARN y proteínas específicas necesarias para hacer más eficiente e inminente la iniciación radical.

Todos estos análisis permiten contemplar al FitoMas®-E como un producto nacional que puede tener oportunidad en el sistema de producción de posturas como sustituto de la hormona en caso de déficit en el sistema productivo. Además es un producto que se encuentra con más frecuencia y distribución que la hormona en el sistema de producción cubano.

La fracción radical del tratamiento testigo de producción (5 mg L^{-1} de AIA) mostró diferencias estadísticas con el resto de los tratamientos estudiados (tabla 1). Este resultado concuerda con la importancia de la hormona para lograr enraizamiento eficiente en las plantas y su correlación con la biomasa total del esqueje (Rodríguez *et al.,* 2001). Es importante señalar que los esquejes fueron cortados bajo los mismos criterios de calidad y de este modo los resultados obtenidos son el reflejo de la acción de los productos aplicados.

Por otra parte, destaca la acción del FitoMas®-E en dicho proceso. Nótese como, excepto la dosis de 2 mL L^{-1} del fitoestimulante, todas las demás dosis difieren estadísticamente

Figura 3. **Biomasa radical (*y*) fresca (*a*) y seca (*b*) de esquejes de guayaba var. Enana Roja Cubana en respuesta a la aplicación de diferentes soluciones de FitoMas®-E (*x*).**

$y = -0.0116 x^2 + 0.1113 x + 0.266$, $R^2 = 0.737$

$y = -0.0034 x^2 + 0.0317 x + 0.0835$, $R^2 = 0.7847$

Nota: se indican valores originales y estimados por la línea de regresión. R^2 = coeficiente de determinación.
Fuente: elaboración propia.

del testigo absoluto (sin aplicación de productos) (tabla 1). Los tratamientos con aplicaciones de FitoMas®-E desde 3 hasta 9 mL L^{-1} no difieren entre sí, aunque es importante destacar que la dosis de 5 mL L^{-1} tiene la media más alta.

Sin embargo, la variable índice de eficiencia radical que expresa la eficiencia de cada tratamiento respecto a los testigos muestra que todos los tratamientos donde se aplicó FitoMas®-E son más eficientes que el testigo absoluto, pero menos que el testigo de producción. De los tratamientos estudiados el que más se acerca a los resultados de la aplicación de la hormona es la aplicación de 5 mL L^{-1}.

De manera general, estos resultados son muy valiosos desde el punto de vista investigativo, ya que hacen resaltar al FitoMas®-E entre los productos con amplias potencialidades para el enraizamiento de esquejes de guayaba var. Enana Roja Cubana y además marca una dosis óptima para su empleo en el sistema de producción, aunque es válido resaltar que no se alcanza la eficiencia deseada en términos de supervivencia y enraizamiento, por lo que sería primordial trabajar en función de mejorar tales aspectos aprovechando la característica del producto de potenciar la acción de agroquímicos y productos propios de la agricultura (Montano *et al.,* 2007; Díaz-de Villegas *et al.,* 2011). De manera que se podría aprovechar esta característica para mezclar el FitoMas®-E con otros productos enraizadores, reducir las dosis y sustituir importaciones.

Análisis prospectivo

El FitoMas®-E fue obtenido en 1998 y desde entonces se realizaron varias pruebas sobre sus beneficios a los cultivos en laboratorios y en extensiones de campo, de manera que el éxito de este producto ha sido probado por diversas instituciones científicas, campesinos, técnicos y otros profesionales asociados a la actividad agrícola a nivel nacional e internacional con un alto impacto en la producción. Por tal razón, en 2008 se construyó en los terrenos del Instituto Cubano de Investigaciones de la Caña de Azúcar (icidca), municipio San Miguel del Padrón, La Habana, la planta de producción, la cual alcanzó en 2010 una producción de 2.2 millones de litros para responder la demanda cada vez más creciente del sector agrícola (Viñales *et al.,* 2011).

Este reporte científico marca el inicio de una nueva forma de empleo del producto y de nuevos escenarios de investigación, pero falta determinar a nivel molecular e histológico los cambios, modificaciones y mecanismos que fundamenten el efecto encontrado, ya que inducir el enraizamiento es un proceso liderado por hormonas. Llama la atención que un producto que no presenta este tipo de sustancia, ni microorganismos que puedan sintetizarla, ejerza tales efectos en los esquejes de guayaba. También se puede mejorar su eficiencia y obtener derivados que tengan la capacidad de ejercer respuestas similares o superiores a las obtenidas con la aplicación del aia. Otra arista investigativa es comprobar la eficiencia del producto para reducir dosis de enraizadores. Asimismo, sería oportuno evaluar la aceptación por parte de los productores acerca de esta nueva forma de empleo para validar su uso.

A nivel productivo e incidencia de los resultados de esta investigación, en los futuros planes de empleo, puede decirse que representa una opción productiva importante, porque durante tres ciclos de producción se mantuvo estable la influencia del producto en la dosis de 5 mL L^{-1}. Es importante destacar que el FitoMas® tiene un costo de solo $ 2.5 litros en moneda nacional, lo cual significaría que por este costo mínimo se pueden enraizar entre 13 200 y 15 200 esquejes, con una adecuda calidad de uso agrícola y con un producto que tiene mucha más disponibilidad que el aia en las condiciones de Cuba.

Tabla 1. Fracción e índice de eficiencia radical (IER) de esquejes de guayaba var. Enana Roja Cubana embebidos en diferentes dosis de FitoMas®-E (mL L^{-1}).

Tratamientos/dósis (mL L^{-1})	Fracción radical (g)	IER (%) Testigo absoluto	IER (%) Testigo de producción
Testigo absoluto	3.92 ± 3.07 e	ND	ND
Testigo de producción	11.05 ± 2.39 a	ND	ND
FitoMas®-E 1	5.86 ± 2.29 cd	42.47	–65.50
FitoMas®-E 2	5.34 ± 2.96 de	31.56	–68.14
FitoMas®-E 3	7.49 ± 1.44 bc	103.38	–50.75
FitoMas®-E 4	7.0 ± 1.09 bc	116.75	–47.52
FitoMas®-E 5	8.07 ± 1.49 b	126.36	–45.19
FitoMas®-E 6	6.30 ± 1.12 bcd	74.29	–57.80
FitoMas®-E 7	6.86 ± 1.41 bcd	56.62	–62.07
FitoMas®-E 8	6.61 ± 1.22 bcd	48.05	–64.15
FitoMas®-E 9	6.31 ± 1.03 bcd	50.65	–63.52
E.Ex	0.21	ND	ND

Nota: medias con letras diferentes difieren estadísticamente (Tukey, $P \leq 0.05$). La media se acompaña de ± la desviación estándar. E.Ex = error estándar de la media. ND = no determinado.
Fuente: elaboración propia.

Conclusiones

La dosis de 5 mL L^{-1} FitoMas®-E es la más eficiente en el proceso de enraizamiento de esquejes de guayaba porque presenta una supervivencia que sólo es 12% menor que la aplicación de aia y una respuestas vegetal aceptable.

La aplicación de FitoMas® representa una alternativa con potencialidades de uso en para propagación de guayaba por enraizamiento de esquejes.

Bibliografía

Alarcón, Z. A., Barreiro E., P., Alarcón, A. y Díaz, S. (2012). Efecto del Biobras-16 y el FitoMas-E en algunos indicadores del crecimiento y el rendimiento del tomate (*Solanum lycopersicum* Lin) variedad Vyta. Revista *Granma Ciencia*, *16*(1), 1.

Azcón-Bieto, J. y Talón, M. (2000). *Fundamentos de fisiología vegetal*. Barcelona: McGraw-Hill/Interamericana.

Balaguera, L. H., Morales E., I., Almanza-Merchán, P. J. y Balaguera, W. A. (2010). El tamaño del cladodio y los niveles de auxina influyen en la propagación asexual de pitaya (*Selenicereus megalanthus Haw*.). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, *4*(1), 34-42.

Barnett, N. y Naylor, A. (1966). Amino acid and protein metabolism in Bermuda grass during water stress. *Plant Physiology*, *41*, 1222.

Castillo, P. G., Villar D., J., Montano M., R., Martínez, C., Pérez A., F., Albacete, A.; J. Sánchez, B. y Acosta M. (2011). Cuantificación por HPLC del contenido de aminoácidos presentes en el Fitomas-E. ICIDCA, *Revista sobre los derivados de la caña de azúcar*, *45*(1), 64-67.

Castillo, F. J., López A., L. M., López, U. J., Cetina, A. V. y Hernández T. T. (2013). Factores de influencia en el enraizamiento de estacas de Abies religiosa (*Kunth*) *Schltdl. et Cham. Revista Chapingo*. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, *19*(1), 175-184.

Devlin, R. y Jackson, T. (1961). Effect of p-chlorophenoxyisobutyric acid on rate of elongation of root hairs *of Agrosist alba. L. Plant Physiology*, *14*, 40.

Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Gonzalez, A. L., Tablada, E., Díaz, M. M., Robledo, C. W. y Balzarini, M. G. (2005). *Estadística para las ciencias agropecuarias*. Córdoba: Editorial Brujas.

Díaz-de Villegas, M. E., Delgado, G.; Rivas, M., Torres, E. y Saura, M. (2011). Implementation of an in vitro bioassay as an indicator of the bionutrient *FitoMas E. Ciencias e Investigación Agraria*, *38*(2), 205-210.

Farrés, E., Placeres G., J., Rodríguez D., A., Peña G., O. y Mulen, L. (2009). *Manual sobre la propagación de frutales tropicales*. La Habana: Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical (IIFT)

Galindo, A. (2010). FitoMas-E. *Revista ACPA*, *2*, 17.

López, R., Montano, R. y Montoya, A. (2012). *El bioestimulante FitoMas-E en la producción de hortalizas: una alternativa ecológica para la agricultura sostenible*. España: Académica Española.

Lau, S., Jurgens, G. y De Smet, I. (2008). The evolving complexity of the auxin pathway. *The plant cell*, *20*, 1738-1746.

Mariña, H. C., Nieto M., M., Castillo, F. P., Bruqueta Y., D. y Blaya, R. (2010). Efecto del estimulante FitoMas-E sobre el crecimiento, rendimiento y calidad en tabaco negro cultivado sobre bases agroecológicas. *Granma Ciencia*, *14*(3), 1-10.

Mata, B. I. y Rodríguez M., A. (2000). *Cultivo y producción del guayabo*. Distrito Federal: Trillas.

Ministerio de la Agricultura (Minag) (2009). *Manual técnico para las fincas integrales de frutales en Cuba*. La Habana: Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical

Ministerio de la Agricultura (Minag) (2011). *Instructivo técnico del cultivo de la guayaba* '*Enana Roja Cubana*'. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical y Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales. La Habana: Palma-PNUD.

Montano, R. (2008). *FitoMas-E, bionutriente derivado de la industria azucarera. Composición, mecanismo de acción y evidencia experimental*. La Habana: Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA).

Montano, R., Zuaznabar, R., García, A., Viñals, M. y Villar, J. (2007). Fitomas E: Bionutriente derivado de la industria azucarera ICIDCA. *Revista sobre los derivados de la caña de azúcar, 41*(3), 14-21.

Overvoorde, P., Fukaki, H. y Beeckman, T. (2010). Auxin control of root development. *Cold spring harbor perspective biology*, *2*(6). a001537 doi: 10.1101/cshperspect.a001537

Pérez, A. T., Nápoles, L., Concepción, O. y Trujillo, R. (2002). Multiplicación in vitro de brotes de guayaba (Psidium guajava L.) var. 'Enana Roja Cubana' (EEA 18-40) obtenidos a partir de semillas. *Cultivos Tropicales*, *23*(3), 57-61.

Rai, M. K., Asthana, P., Jaisxal, V. S. y Jaiswal, U. (2010). Biotechnological advances in guava (*Psidium guajava L.*): recent developments and prospects for further research. *Trees*, *24*(1), 1-12.

Rivera, R. y Fernández, K. (2003). Bases científico-técnicas para el manejo de los sistemas agrícolas micorrizados eficientemente, en R. Rivera y K. Fernández (eds.), *Manejo efectivo de la simbiosis micorrízica, una vía hacia la agricultura sostenible. Estudio de caso: el Caribe*. La Habana: INCA.

Robert, M. (1975). *Fisiología vegetal*. Barcelona: Omega, Casanova.

Rodríguez, A. y Sánchez, P. (2005). *Especies de frutales cultivadas en Cuba en la agricultura urbana*. La Habana: INIFAT.

Rodríguez, N., Mas O., González, G., Sánchez, P. y Santos, M. (2001). Inducción del enraizamiento en esquejes herbáceos de *Psidium guajava L.*, Revista *Boletín de Reseñas*. Serie Relafrut, *1*, 17-19.

Rojas, G. (1993). *Fisiología vegetal aplicada*. México: Editorial Interamericana McGraw-Hill.

Sanz, L., Dewitte, W., Forzani, C., Patell, F., Nieuwland, J., Wen, B., Quelhas, P., De Jager, S., Titmus, C., Campilho, A., Ren, H., Estelle, M., Wang, H. y Murray, J. A. H. (2011). The arabidopsis D-Type cycling CYCD 2-1 and the inhibitor ICK2/KRP2 modulate auxin-induced lateral root formation. *The Plant Cell*, *23*, 641-660.

Saborit, R., Meneses, R. y Cañizares, A. (2013). Efecto de las aplicaciones de FitoMas-E combinadas con la fertilización orgánica y mineral sobre los rendimientos agrícolas del cultivo del arroz en aniego. *Revista Infociencia*, *17*(4), 1-10.

Taiz, L. y Zeiger, E. (2006). *Plant physiology*. New York: Cinaur.

Vázquez, E. y Torres, S. (2006). *Fisiología vegetal segunda parte*. La Habana: Félix Varela.

Viñales, V. M., García G., A., Montano M., R., Villar D., J., García M., T. y Ramil M., M. (2011). Estimulante de crecimiento agrícola FitoMas®; resultados de producción del año 2010 y su impacto en cultivos seleccionados de alimentos. *Revista Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, *45*(3), 1-23.